

## Ernährung unter extremen Umweltbedingungen: Höhe, Hitze und Kälte

**Athleten benötigen die Fähigkeit, sich jederzeit auf ändernde äussere Bedingungen einzustellen. Dabei erfordert das Training und Wettkämpfe unter extremen Bedingungen wie Hitze oder Kälte sowie in der Höhe einige physiologische Anpassungen, um die körperlichen Trainingsadaptationen sowie die Leistung unter diesen Bedingungen zu optimieren. Diese Aspekte sollen in diesem Hot Topic näher erläutert werden.**

### Ernährung in der Höhe

In der Höhe kommt es zu einem Abfall des barometrischen Druckes und somit zu einer Reduktion der Sauerstoffverfügbarkeit. Je höher man aufsteigt, desto stärker ausgeprägt ist diese Gegebenheit. Der Körper versucht dies zu kompensieren, indem er schon bei geringem Sauerstoffmangel die Atmung, die Herzfrequenz und somit auch das Belastungsempfinden erhöht. Man konnte auch zeigen, dass dies den Verbrauch von Kohlenhydraten als primärer Energieträger ab einer Höhe von 3000 m erhöht <sup>1</sup>. In den ersten Tagen nach dem Aufstieg in die Höhe kommt es zu einer erhöhten Flüssigkeitsausscheidung und dadurch zu einem Verlust von Blutvolumen. Es wurde jedoch mehrfach gezeigt, dass ein Aufenthalt von 2-3 Wochen in der Höhe (meist auf 1600 bis 2400 m) die Produktion der roten Blutkörperchen erhöht und somit das Blutvolumen und der Sauerstofftransport wieder verbessert werden <sup>2</sup>. Dies ist schlussendlich der gewünschte Effekt eines Höhentrainingslagers, welcher schlussendlich zu einer Leistungsverbesserung auf Meereshöhe führt. Damit der Körper die gewünschten Anpassungen vornehmen kann, sind Anpassungen in der Ernährung erforderlich.

In der Höhe ist beispielsweise der Flüssigkeitsbedarf aufgrund der meist trockenen und kalten Luft und aufgrund der schnelleren Atemfrequenz erhöht. Dieser erhöhte Flüssigkeitsverlust kann zu Symptomen wie Kopfschmerzen führen. Es wird empfohlen, genügend Flüssigkeit über den Tag verteilt zuzuführen. Die Flüssigkeitsmenge ist dabei höher als die gewohnte Menge auf Meereshöhe (Bsp. am Wohnort). Jedoch scheint eine explizite Empfehlung aufgrund von diversen Faktoren (Meereshöhe, Belastungsintensität und -dauer, Umweltbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit)) schwierig. Ein einfaches Tool zur Überprüfung eines optimalen Flüssigkeitszustandes wird mittels Färbung oder Dichtemessung des Morgenurins empfohlen.

Der Ruheenergieverbrauch steigt in der Höhe an <sup>3,4</sup>, die Appetitregulation ist aber gleichzeitig unterdrückt. Als Folge führt man gerne/oft zu wenig Energie zu. Dies kann zu eingeschränkten Trainingsanpassungen und zu einem unerwünschten Gewichtsverlust führen. Vor allem wenn man bedenkt, dass in Höhentrainingslagern meist auch mit erhöhtem Umfang trainiert wird und somit der Energiebedarf ohnehin schon grösser ist als zu Hause.

Wie bereits erwähnt, steigt der Kohlenhydratverbrauch und somit auch der -bedarf in der Höhe an <sup>4</sup>. Es wird deshalb empfohlen, bei den Haupt- aber auch Zwischenmahlzeiten kohlenhydratreiche Lebensmittel zu konsumieren.

Es gibt sehr wenige Studien, welche die Muskelproteinsynthese in der Höhe untersucht haben. Tiermodelle zeigen dabei

eine Tendenz zu einem verminderten Muskelaufbau <sup>5</sup>. In der Höhe ist eine angemessene Energie- und Eiweisszufuhr wichtig. Um die Muskelproteinsynthese zu unterstützen und zu Erholungszwecken sind regelmässig (4-5x) über den Tag verteilt Proteportionen von 20-25g empfohlen, eine negative Energiebilanz ist zu vermeiden.

Aufgrund des Appetitverlustes in grosser Höhe (> 3000 m) werden auch häufig sehr energiedichte oder fetthaltige Lebensmittel zugeführt. Vor allem bei Bergsteigern scheint das Gewicht der Lebensmittel und der Energiegehalt so in einem optimalen Verhältnis zu sein (Bsp. Nüsse, Schokolade, etc.). Auch bei Athleten mit unterdrücktem Appetit können solche Lebensmittel helfen, den Energiebedarf zu decken.

Durch eine erhöhte Produktion der roten Blutkörperchen wird auch das Eisen zu einem limitierenden Faktor in der Höhe (für weitere Informationen siehe Hot Topic Eisenmangel) <sup>6</sup>. Athleten, welche mit einem zu tiefen Eisenspeicher ins Höhentrainingslager anreisen, können relativ schnell einen Eisenmangel entwickeln. Es empfiehlt sich deshalb, die Eisenspeicher 4-10 Wochen vor dem Trainingslager zu kontrollieren, um bei einem allfälligen Mangel noch vor dem Aufenthalt in der Höhe diese Mangelerkrankung zu beheben <sup>6,7</sup>. Auch während und nach dem Höhentrainingslager kann eine Überprüfung des Eisenspeichers oder gar eine Eisensupplementation sinnvoll sein <sup>6</sup>. Dabei sollte man in jedem Fall sportmedizinisch begleitet werden. Auch der Vitamin D Spiegel scheint in der Höhe ein erhöhtes Risiko für Mangelerkrankungen aufzuweisen. Dies wiederum könnte Auswirkungen auf die Muskel- aber auch Immunfunktion haben und somit das Höhentrainingslager negativ beeinflussen. Auch da lohnt sich eine Überprüfung des Vitamin D Spiegels und eine allfällige Supplementation.

Supplemente, wie beispielsweise Nitrat/Randensaft können die Leistung in der Höhe positiv beeinflussen. Nitrat/Randensaft kann den Sauerstoffverbrauch für die gleiche Leistung reduzieren und hilft somit mit der vorhandenen Reduktion der Sauerstoffverfügbarkeit in der Höhe zurecht zu kommen <sup>8</sup>.

### Ernährung in der Hitze

Extrem heisse Umweltbedingungen können nicht nur den physiologischen, sondern auch den psychologischen Stress im Zusammenhang mit der sportlichen Belastung erhöhen. Unzählige Publikationen konnten eine Verminderung der Leistungsfähigkeit unter Hitze zeigen <sup>9</sup>.

Unter heissen (und feuchten) Bedingungen benötigt unser Körper das Blut nicht nur, um den Sauerstoff zur Muskulatur zu transportieren. Er benötigt es auch, um unter der Haut, den Körper zu kühlen. Dies führt zu einer schnelleren Ermüdung und zu einer graduellen Erhöhung der Körperkerntemperatur <sup>9</sup>. Extreme Schweißverluste führen zu einer Verminderung des Blutvolumens, was wiederum die Körperkühlung und die Leistungsfähigkeit einschränkt <sup>10</sup>.

Im Vergleich zu anderen Umweltbedingungen wie Höhe oder Kälte, scheint in der Hitze der Energieverbrauch in Ruhe nicht beeinflusst zu sein <sup>11</sup>. Es kommt jedoch auch hier vor, dass Athleten weniger Energie als benötigt zuführen und somit ein

Energiedefizit auslösen. Somit kann auch unter heissen Bedingungen ein schneller Gewichtsverlust innerhalb weniger Tage resultieren.

Der Flüssigkeitshaushalt ist eines der bestuntersuchten und wichtigsten Themen im Bereich der Ernährung in der Hitze (und unter hoher Luftfeuchtigkeit). Dabei werden meist nicht generelle Trinkempfehlungen gemacht, sondern die Schweissrate (siehe Trinkmengenrechner) sowie der Salzverlust unter Belastung gemessen. Aufgrund von solchen Daten können individuelle Empfehlungen zum Trinkverhalten hergeleitet werden, um die Hitze besser zu ertragen. Auch eine vorgängige Erhöhung des Plasmavolumens kann dabei helfen, während dem Wettkampf genügend Flüssigkeit im Körper zu haben<sup>10, 12</sup>. Weiter ist das Wiederauffüllen des Flüssigkeitshaushaltes nach einer Belastung ein zentraler Faktor beim Training und Wettkampf in der Hitze. Werden dazu kohlenhydrathaltige Getränke eingesetzt, können gleichzeitig die Kohlenhydratspeicher wieder aufgefüllt werden. Kalte Getränke oder Ice-Slurries unmittelbar vor oder während der Belastung sind in der Hitze eine mögliche Strategie, dem Körper Flüssigkeit zuzuführen und im Falle der Slurries den Abtransport von Körperhitze zu erhöhen<sup>13</sup>. Auch die Zufuhr von Menthol kann einen Einfluss auf das subjektive Gefühl haben. Man geht davon aus, dass Rezeptoren angesprochen werden, welche dem Körper das Gefühl geben, dass es weniger heiss ist.

Unter Hitzeeinwirkung werden vermehrt Kohlenhydrate als Energiequelle verwendet und der Fettstoffwechsel wird vermindert<sup>14</sup>. Die aktuellen Empfehlungen zur Kohlenhydratzufuhr orientieren sich jedoch nach wie vor an der Dauer und Intensität der sportlichen Belastung und weniger an den Umgebungsbedingungen.

Wie bereits in der Höhe, ist es möglich, dass auch bei Hitze die Muskelproteinsynthese vermindert ist<sup>15, 16</sup>. Somit empfiehlt sich auch in der Hitze, darauf zu achten, dass in der Erholungsphase oder nach einer Kräfteinheit genügend Proteine (20-25 g) zugeführt werden.

Die Anwendung von Supplementen in der Hitze ist bisher noch wenig untersucht worden. Einige Studien haben dabei die Supplementation mit Koffein in der Hitze untersucht und teilweise leistungssteigernde Effekte und teilweise keine Effekte gefunden<sup>17-19</sup>. Glycerol ist ein Supplement, welches zur Überfüllung des Plasmavolumens vor dem Wettkampf/Training angewendet wird<sup>20</sup>. Bei Anwendung scheint es möglich, eine Dehydrierung während dem Wettkampf vorzubeugen<sup>21</sup>.

Im Falle eines Wettkampfes in der Hitze wird empfohlen, sich vorgängig mit einer 2-3-wöchigen Akklimatisierungsphase an diese besonderen Umgebungsbedingungen anzupassen. Dabei scheint eine gesunde und ausgewogene Ernährung, sowie

die Zufuhr von genügend Flüssigkeit die wichtigsten Faktoren zu sein, um sich an die neuen Bedingungen zu gewöhnen.

## Ernährung in der Kälte

Der Aufenthalt in kalten Umgebungsbedingungen kann leistungsvermindernde Auswirkungen auf unsere Atemwege haben. Auch Erfrierungen und Unterkühlung sind häufige Symptome solch extremer Umweltbedingungen. Vor allem Athleten mit tiefem Körperfettanteil und einer geringen Muskelmasse oder limitierten Kohlenhydratspeichern in der Muskulatur scheinen eher, an einer Unterkühlung zu leiden<sup>22</sup>. Natürlich versuchen Wintersportler diesen Bedingungen durch angepasste Bekleidung entgegenzuwirken. Exzessives Schwitzen und das nicht-Trocknen der nassen Kleidung kann jedoch auch da rasch zu einer Unterkühlung führen. In der Kälte ist es deshalb wichtig, den Flüssigkeitshaushalt aufrecht zu erhalten und einem verminderten Flüssigkeitsstatus entgegenzuwirken.

Auch der Energiebedarf in Ruhe kann unter extrem kalten Bedingungen erhöht sein<sup>23</sup>. Dieser erhöhte Energiebedarf wird zum einen der übermässigen Hitzeproduktion aber auch dem erhöhten Verbrauch an Kohlenhydraten zugeschrieben. Bei inadäquater Energiezufuhr kann die Wärmeproduktion beeinträchtigt werden und somit der Anfang einer beginnenden Unterkühlung bedeuten. Es wird deshalb empfohlen, die Flüssigkeits- sowie Kohlenhydratzufuhr gegenüber alltäglichen Bedingungen zu erhöhen. Auch der Konsum von warmen Lebensmitteln oder Getränken kann helfen, sich besser zu fühlen und den Körper aufzuwärmen.

## Fazit: Ernährung unter extremen Bedingungen

Egal ob man sich in die Höhe, Hitze oder Kälte begibt, es empfiehlt sich, sich vorgängig mit den vorherrschenden extremen Umweltbedingungen auseinander zu setzen und sich einen Plan zurecht zu legen. Nur so kann gewährleistet werden, dass sich der Körper optimal an die neuen Bedingungen gewöhnt und dass der optimale Trainingsreiz oder die maximale Leistung unter erschwerten Bedingungen erreicht werden kann. Dabei empfiehlt es sich, auch allfällige Veränderungen in der Ernährung in Betracht zu ziehen und sich vorgängig mit einer Fachperson auszutauschen.

Verfasser: Dr. Joëlle Flück, Präsidentin SSNS

Datum: November 2019, Version 1.0

Gültigkeit: bis Dezember 2022

## Literatur

1. Berglund, B., *High-altitude training. Aspects of haematological adaptation*. Sports Medicine, 1992. **14**(5): p. 289-303.
2. Gore, C.J., K. Sharpe, L.A. Garvican-Lewis, P.U. Saunders, C.E. Humberstone, E.Y. Robertson, N.B. Wachsmuth, S.A. Clark, B.D. McLean, B. Friedmann-Bette, M. Neya, T. Pottgiesser, Y.O. Schumacher, and W.F. Schmidt, *Altitude training and haemoglobin mass from the optimised carbon monoxide rebreathing method determined by a meta-analysis*. British Journal of Sports Medicine, 2013. **47** Suppl 1: p. i31-9.
3. Butterfield, G.E., J. Gates, S. Fleming, G.A. Brooks, J.R. Sutton, and J.T. Reeves, *Increased energy intake minimizes weight loss in men at high altitude*. J Appl Physiol (1985), 1992. **72**(5): p. 1741-8.
4. Hill, N.E., M.J. Stacey, and D.R. Woods, *Energy at high altitude*. Journal of the Royal Army Medical Corps, 2011. **157**(1): p. 43-8.
5. Brugarolas, J., K. Lei, R.L. Hurley, B.D. Manning, J.H. Reiling, E. Hafen, L.A. Witters, L.W. Ellisen, and W.G. Kaelin, Jr., *Regulation of mTOR function in response to hypoxia by REDD1 and the TSC1/TSC2 tumor suppressor complex*. Genes and Development, 2004. **18**(23): p. 2893-904.
6. Stellingwerff, T., P. Peeling, L.A. Garvican-Lewis, R. Hall, A.E. Koivisto, I.A. Heikura, and L.M. Burke, *Nutrition and*

- Altitude: Strategies to Enhance Adaptation, Improve Performance and Maintain Health: A Narrative Review.* Sports Med, 2019.
7. Bergeron, M.F., R. Bahr, P. Bartsch, L. Bourdon, J.A. Calbet, K.H. Carlsen, O. Castagna, J. Gonzalez-Alonso, C. Lundby, R.J. Maughan, G. Millet, M. Mountjoy, S. Racinais, P. Rasmussen, D.G. Singh, A.W. Subudhi, A.J. Young, T. Soligard, and L. Engebretsen, *International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes.* British Journal of Sports Medicine, 2012. **46**(11): p. 770-9.
  8. Shannon, O.M., K. McGawley, L. Nyback, L. Duckworth, M.J. Barlow, D. Woods, M. Siervo, and J.P. O'Hara, *"Beating" the Mountain: A Review of the Physiological and Performance Effects of Dietary Nitrate Supplementation at Simulated and Terrestrial Altitude.* Sports Medicine, 2017. **47**(11): p. 2155-2169.
  9. Nybo, L., P. Rasmussen, and M.N. Sawka, *Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue.* Comprehensive Physiology, 2014. **4**(2): p. 657-89.
  10. Sawka, M.N., S.J. Montain, and W.A. Latzka, *Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat.* Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular and Integrative Physiology, 2001. **128**(4): p. 679-90.
  11. Burke, L.M., *Nutritional needs for exercise in the heat.* Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol, 2001. **128**(4): p. 735-48.
  12. Racinais, S., J.M. Alonso, A.J. Coutts, A.D. Flouris, O. Girard, J. Gonzalez-Alonso, C. Hausswirth, O. Jay, J.K. Lee, N. Mitchell, G.P. Nassis, L. Nybo, B.M. Pluim, B. Roelands, M.N. Sawka, J. Wingo, and J.D. Periard, *Consensus recommendations on training and competing in the heat.* British Journal of Sports Medicine, 2015. **49**(18): p. 1164-73.
  13. Stevens, C.J., L. Taylor, and B.J. Dascombe, *Cooling During Exercise: An Overlooked Strategy for Enhancing Endurance Performance in the Heat.* Sports Medicine, 2017. **47**(5): p. 829-841.
  14. Jeukendrup, A.E., *Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment.* Biochemical Society Transactions, 2003. **31**(Pt 6): p. 1270-3.
  15. Febbraio, M.A., *Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress.* Sports Medicine, 2001. **31**(1): p. 47-59.
  16. Snow, R.J., M.A. Febbraio, M.F. Carey, and M. Hargreaves, *Heat stress increases ammonia accumulation during exercise in humans.* Experimental Physiology, 1993. **78**(6): p. 847-50.
  17. Pitchford, N.W., J.W. Fell, M.D. Leveritt, B. Desbrow, and C.M. Shing, *Effect of caffeine on cycling time-trial performance in the heat.* Journal of Science and Medicine in Sport, 2014. **17**(4): p. 445-9.
  18. Beaumont, R.E. and L.J. James, *Effect of a moderate caffeine dose on endurance cycle performance and thermoregulation during prolonged exercise in the heat.* Journal of Science and Medicine in Sport, 2017. **20**(11): p. 1024-1028.
  19. Roelands, B., L. Buysse, F. Pauwels, F. Delbeke, K. Deventer, and R. Meeusen, *No effect of caffeine on exercise performance in high ambient temperature.* Eur J Appl Physiol, 2011. **111**(12): p. 3089-95.
  20. Latzka, W.A. and M.N. Sawka, *Hyperhydration and glycerol: thermoregulatory effects during exercise in hot climates.* Canadian Journal of Applied Physiology, 2000. **25**(6): p. 536-45.
  21. van Rosendal, S.P., M.A. Osborne, R.G. Fassett, and J.S. Coombes, *Guidelines for glycerol use in hyperhydration and rehydration associated with exercise.* Sports Medicine, 2010. **40**(2): p. 113-29.
  22. Castellani, J.W., A.J. Young, M.B. Ducharme, G.G. Giesbrecht, E. Glickman, and R.E. Sallis, *American College of Sports Medicine position stand: prevention of cold injuries during exercise.* Medicine & Science in Sports & Exercise, 2006. **38**(11): p. 2012-29.
  23. Ocobock, C., *Human energy expenditure, allocation, and interactions in natural temperate, hot, and cold environments.* American Journal of Physical Anthropology, 2016. **161**(4): p. 667-675.